

Década do Oceano

**Declaração da Academia Brasileira de Ciências
sobre a Década da Ciência Oceânica para o
Desenvolvimento Sustentável**



2021 United Nations Decade
of Ocean Science
2030 for Sustainable Development

Academia Brasileira de Ciências

Fundada em 3 de maio de 1916 sob o nome de Sociedade Brasileira de Ciências, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) completa, em 2021, 105 anos. Foi criada por um grupo de pesquisadores da Escola Politécnica do Rio de Janeiro sob a liderança do astrônomo Henrique Morize — seu primeiro presidente —, com o objetivo de reconhecer o mérito científico de grandes pesquisadores brasileiros e contribuir para a promoção do desenvolvimento da ciência e da educação. Em 1921, a Sociedade passou a chamar-se Academia Brasileira de Ciências, de acordo com o padrão internacional da época.

A capacidade que os países têm de produzir conhecimento e aplicá-lo em desenvolvimento socioeconômico é determinante na separação entre nações pobres e desenvolvidas. Educação de qualidade e pesquisa científica e tecnológica são fatores cruciais para isso e, nesses 105 anos, a ABC consagrou-se como defensora da ciência, da educação e da inovação como eixos estruturantes desse processo. A Academia considera que a difusão das novas descobertas desconhece fronteiras: a ciência e a comunidade científica devem ser um elo de aproximação tanto entre os povos do mundo quanto entre as regiões do nosso país, possibilitando que cada um tenha capacidade e competência suficiente em CT&I para promover, com autonomia, seu desenvolvimento social e econômico.

A ABC contribui para o estudo de temas de primeira importância para a sociedade e a proposição de políticas públicas com forte embasamento científico, principalmente nas áreas de educação, saúde, meio ambiente e novas tecnologias. É nesse sentido que a ABC trabalha e se dedica com todo o empenho, tanto em nível nacional como internacional, seja de modo presencial ou virtual, há mais de um século.

Luiz Davidovich
Presidente da Academia Brasileira de Ciências

Presidente

Luiz Davidovich

Vice-Presidente

Helena Bonciani Nader

Vice-Presidentes Regionais

Adalberto Luis Val - *Norte*

Jailson Bittencourt de Andrade - *Nordeste & Espírito Santo*

Mauro Martins Teixeira - *Minas Gerais & Centro-Oeste*

Lucia Mendonça Previato - *Rio de Janeiro*

Oswaldo Luiz Alves - *São Paulo*

João Batista Calixto - *Sul*

Diretores

Elibio Leopoldo Rech Filho

Francisco Rafael Martins Laurindo

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Ruben George Oliven

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

Coordenador

Luiz Drude de Lacerda

Grupo de Redação

Alexander Turra

Carlos Eduardo de Rezende

Edmo José Dias Campos

Fabio Rubio Scarano

Helenice Vital

Jailson Bittencourt de Andrade

José Henrique Muelbert

Luiz Drude de Lacerda

Ronaldo Adriano Christofolletti

Rosalinda Carmela Montone

Rozane Valente Marins

Segen Farid Estefen

Zelinda Margarida de A. Nery Leão

Revisão Técnica

Andrei de Abreu Sodré Polejack

Janice Romaguera Trotte-Duhá

Assessoria

Fernando Carlos Azeredo Verissimo

Projeto gráfico e diagramação

Pedro Armando

Revisão editorial

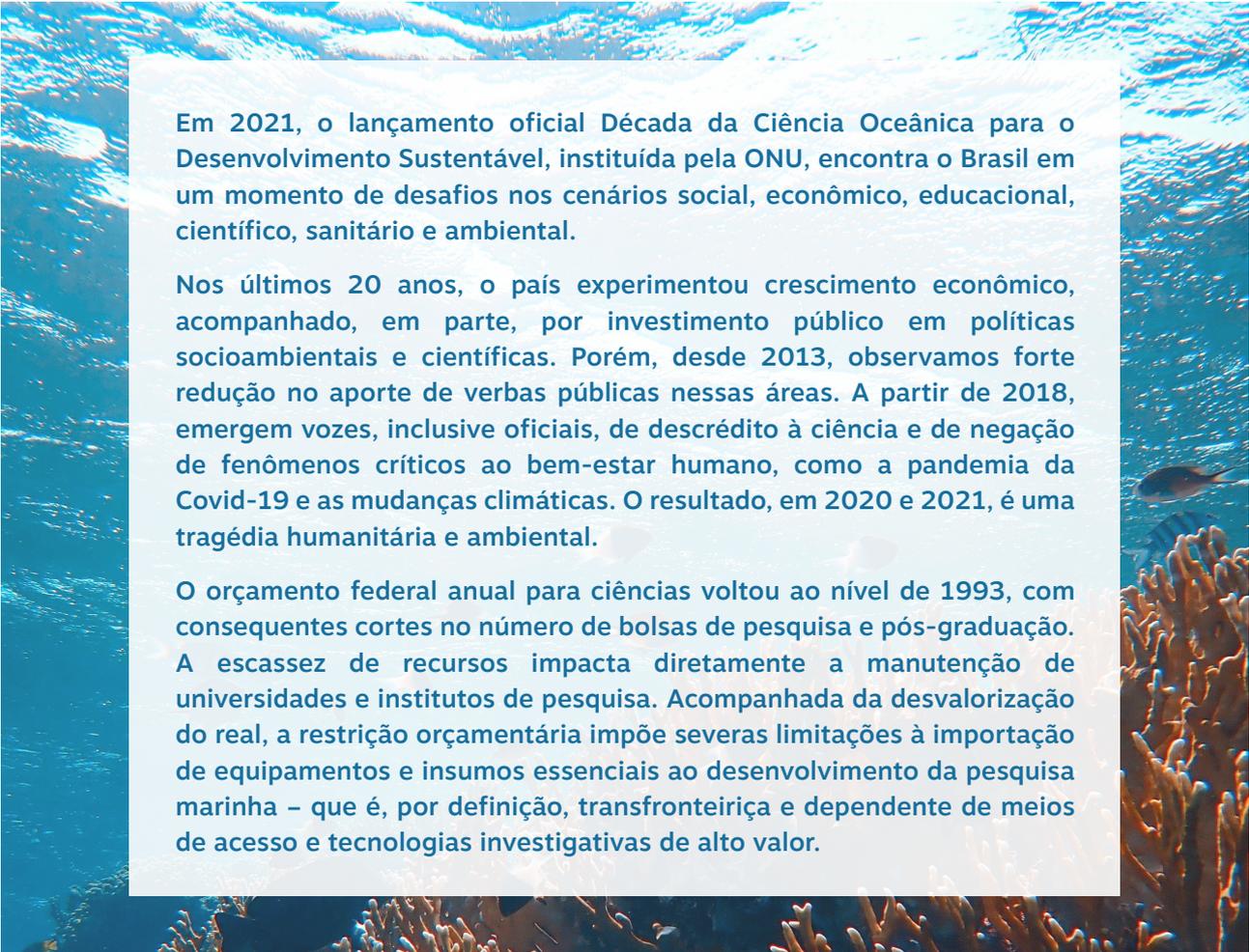
Catarina Chagas

“ Vivenciamos um momento crítico em que as decisões que tomarmos sobre os ecossistemas marinhos afetarão a integridade global da biosfera, a oferta de serviços ecossistêmicos às gerações futuras e, em última análise, o bem-estar da humanidade. O momento requer inovações em ciência e políticas públicas, abordagens e metodologias transdisciplinares capazes de compreender o funcionamento desses ambientes dinâmicos e suas respostas às múltiplas pressões antrópicas

(IOC-UNESCO, 2020)

”

Desde 2017, a Organização das Nações Unidas (ONU) prepara o lançamento da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030). Com o lema “A ciência que precisamos para o oceano que queremos”, a campanha tem por objetivo, além de chamar atenção sobre a importância do oceano para o planeta, mobilizar cientistas de diferentes disciplinas para estudar, coletar dados e dar suporte a ações de recuperação, adaptação e conservação de ambientes marinhos e costeiros.

An underwater photograph showing a vibrant coral reef with various species of fish swimming in clear blue water. The scene is captured from a slightly elevated perspective, looking down at the reef.

Em 2021, o lançamento oficial Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, instituída pela ONU, encontra o Brasil em um momento de desafios nos cenários social, econômico, educacional, científico, sanitário e ambiental.

Nos últimos 20 anos, o país experimentou crescimento econômico, acompanhado, em parte, por investimento público em políticas socioambientais e científicas. Porém, desde 2013, observamos forte redução no aporte de verbas públicas nessas áreas. A partir de 2018, emergem vozes, inclusive oficiais, de descrédito à ciência e de negação de fenômenos críticos ao bem-estar humano, como a pandemia da Covid-19 e as mudanças climáticas. O resultado, em 2020 e 2021, é uma tragédia humanitária e ambiental.

O orçamento federal anual para ciências voltou ao nível de 1993, com consequentes cortes no número de bolsas de pesquisa e pós-graduação. A escassez de recursos impacta diretamente a manutenção de universidades e institutos de pesquisa. Acompanhada da desvalorização do real, a restrição orçamentária impõe severas limitações à importação de equipamentos e insumos essenciais ao desenvolvimento da pesquisa marinha – que é, por definição, transfronteiriça e dependente de meios de acesso e tecnologias investigativas de alto valor.

A ABC, ao endossar a Década da Ciência Oceânica, reconhece as dificuldades que afetam a capacidade do Brasil em contribuir com a ciência oceânica em nível global. Entretanto, ressalta que o país tem o potencial de promover mudanças para alcançar os resultados esperados frente aos desafios propostos pela Década. Neste documento, comentamos o cenário brasileiro e identificamos ações relevantes a serem apoiadas e implementadas.

Pesquisa oceânica no Brasil

O Brasil possui, hoje, especialistas em ciências do mar reconhecidos internacionalmente. Fóruns como a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), a Comissão Nacional para a Década do Oceano e o recente programa “Ciência no Mar”, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), promovem a implementação de políticas públicas marinhas onde a ciência é fundamental, como a Política Nacional de Recursos do Mar (PNRM) e a Política Marítima Nacional (PMN). Ademais, alianças internacionais de pesquisa, como a Aliança para Todo o Atlântico (POLEJACK; GRUBER; WISZ, 2021), atraem modestos investimentos e abrem oportunidades de alcance mundial da ciência oceânica brasileira.

Por outro lado, a queda nos investimentos observada nos últimos anos traz sérias consequências na promulgação dos compromissos públicos nacionais, bem como na participação de pesquisadores brasileiros em grandes projetos internacionais.

Recentemente, um levantamento dos 100 mil cientistas mais influentes do planeta (IOANNIDIS; BOYACK; BAAS, 2020) mostrou que, desse total, apenas 1,6% (1.565 pesquisadores) atua na pesquisa oceânica, em particular, nas áreas de Ecologia & Biologia Marinha (922), Oceanografia (340) e Pesca & Aquacultura (283). Somente dois são brasileiros.

Embora levantamentos como este tenham suas limitações, eles nos dão uma ideia da percepção internacional da restrita influência brasileira no cenário global das ciências oceânicas, que contrasta com a vastidão e a grande importância dos espaços marinhos brasileiros. Parte desse resultado se dá pela ausência de uma política nacional e de estratégias que garantam investimentos sólidos e seguros para o desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil na área da pesquisa oceânica.

Vale notar, também, que a assimetria entre áreas da ciência oceânica, segundo o levantamento citado, é um fenômeno global. Porém, essa assimetria é agravada, no Brasil, pelos custos envolvidos em diferentes setores de pesquisa. Historicamente, nossos cursos de formação superior em ciências oceânicas são voltados para oceanografia biológica, biologia marinha e oceanologia, áreas menos dispendiosas que os monitoramentos oceanográficos de variáveis químicas, físicas e geológicas ou a tecnologia oceanográfica.

Segundo o Relatório Global de Ciência Oceânica da Unesco (IOC-UNESCO, 2020), a razão de pesquisadores empregados em ciência oceânica no Brasil é cerca de um por milhão de habitantes. Proporcionalmente ao PIB, a situação brasileira equipara-se à de países como República da Coreia, Turquia e Índia. A distribuição dos pesquisadores brasileiros nas diferentes regiões do país e, como já mencionamos, nas áreas de atuação da ciência, tecnologia e cultura oceânica é desigual. Mapear e acompanhar esse cenário é fundamental para elaborar ações estratégicas e de política científica que induzam o desenvolvimento da pesquisa oceânica como um todo.



Uma consequência da pequena relevância global do Brasil na área das ciências do mar foi a presença discreta do país no *Ocean Panel*, portal de suporte à Secretaria Geral da ONU publicado em 2019 por um grupo internacional de cientistas (OCEAN PANEL, 2019). Entre os 250 participantes de 48 países, apenas três eram brasileiros, especialistas em economia do mar e sustentabilidade de populações costeiras. Infelizmente, essa presença discreta é recorrente em outros painéis internacionais, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), a Plataforma Intergovernamental de Política Científica em Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) e processos capitaneados pela ONU. Limitações nos investimentos em capacitação, habilidades interdisciplinares e infraestrutura de pesquisa oceânica no Brasil também impactam diretamente os esforços nacionais em posicionar o país como líder de pesquisas no Atlântico Sul.

Participação brasileira nas discussões sobre a Década da Ciência Oceânica

A Assembleia Geral da ONU adotou, em 2017, um esforço coordenado em todo o mundo para gerar conhecimento em ciências oceânicas que promova o bem-estar social e o desenvolvimento sustentável, alicerçado em sete objetivos: 1. Oceano limpo; 2. Oceano saudável e resiliente; 3. Oceano previsível; 4. Oceano seguro; 5. Oceano sustentável e produtivo; 6. Oceano transparente e acessível; 7. Oceano inspirador e envolvente.

Para alcançar esses objetivos, os países precisam organizar ações prioritárias, amparadas em observações científicas e estratégias de governança e gestão em tópicos específicos. Esses temas foram amplamente discutidos no Brasil em novembro de 2019, durante evento coordenado em conjunto por MCTI, ONU, Marinha do Brasil, Comissão Oceanográfica Intergovernamental da Unesco (IOC, na sigla em inglês), Ministério das Relações Exteriores, universidades e ONGs para o planejamento da Década no Atlântico Sul. Vinte países da região foram representados na reunião por uma centena de participantes, entre pesquisadores, professores e tomadores de decisão. Foram realizadas, também, oficinas em cada uma das regiões geográficas brasileiras, contando com cerca de 500 participantes de diferentes setores da sociedade.

Em 2020, com a pandemia da Covid-19 em curso, foram disponibilizados pelo MCTI webinários apresentando as conclusões dessas discussões.



Áreas estruturantes para atingir as metas da Década do Oceano

Apresentamos aqui uma descrição da posição de pesquisadores brasileiros, convidados pela ABC da área da ciência do oceano, em relação aos tópicos prioritários propostos pela ONU, comentados sob a perspectiva do Global Ocean Science Report (IOC-Unesco, 2020) para aumentar a capacidade de resposta do país às metas da Década do Oceano a fim de exercer protagonismo global, tanto na aplicação dos conhecimentos da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável do uso e dos serviços do oceano, em especial pela população brasileira.

Mitigação e adaptação às mudanças climáticas

Ao mesmo tempo em que o oceano é vulnerável às mudanças climáticas causadas pela emissão de gases de efeito estufa, ele é também indispensável à mitigação e à adaptação a essas mudanças. Cerca de 30% do CO₂ emitido para a atmosfera por ações humanas e 90% do excesso de calor são absorvidos pelo oceano (IAP, 2009), potencializando o aumento generalizado de temperatura, hipóxia, acidificação, elevação do nível do mar, erosão costeira e intrusão salina da água do mar. Entre as consequências desse processo estão o declínio da biodiversidade marinha – incluindo pescados –, o branqueamento de corais, a elevação do nível do mar e o aumento da frequência de eventos extremos.

Esse panorama deve ser levado em consideração não só na modelagem e projeção de cenários futuros, mas, principalmente, no planejamento e implementação de estratégias de gestão e governança. Sem considerar as mudanças climáticas como fator estruturante, nenhuma ação terá sucesso e sustentabilidade. Um oceano saudável é tão fundamental para atingir metas globais para lidar com mudanças climáticas como é o continente, cujas alterações derivadas das ações humanas têm afetado o oceano fortemente.

O monitoramento da capacidade de absorção do CO₂ por águas oceânicas e costeiras é fator fundamental para o enfrentamento das mudanças climáticas. Porém, estimativas de balanço de carbono frequentemente negligenciam as contribuições das regiões costeiras devido à sua alta heterogeneidade e à falta de dados confiáveis. O Brasil, com costa extensa e diversa em ecossistemas marinhos, pode contribuir de forma significativa para a compreensão do ciclo do carbono no oceano. Para isso, é necessário que o país tenha capacidade tecnológica para ações de monitoramento dos fluxos de CO₂ na interface água-atmosfera, levando em consideração o aumento do nível do mar, as mudanças das correntes marinhas e a intrusão salina em estuários, que afetam o ciclo biogeoquímico do carbono e, conseqüentemente, os fluxos de CO₂. Esse desenvolvimento tecnológico deve ser promovido por meio de parcerias internacionais e incentivo à indústria nacional, incluindo *start-ups* e empresas incubadas, além de investimentos sólidos advindos da parceria Governo-indústria, na qual o setor de óleo e gás é protagonista.



Pontuamos, ainda, uma oportunidade para o Brasil perceber e lidar com o mar como solução, e não como problema. As chamadas ‘soluções baseadas na natureza’ (SbN) emergem hoje como uma abordagem de grande relevância na interface ciência-política, e incluem tanto a adaptação à mudança climática baseada em ecossistemas como a redução de riscos de desastres baseada em ecossistemas.

Por exemplo, o Brasil possui a segunda maior extensão de florestas de manguezal do planeta, além de marismas, fanerógamas submersas, bancos de algas e os mais extensos recifes de coral do Atlântico Sul. Esses ecossistemas, quando preservados, possuem uma imensa capacidade de estocar carbono e atuam como filtros retentores de contaminantes para o oceano. O termo certo é contaminantes mas para o público leigo o termo poluição é mais conhecido. Além disso, a restauração e o plantio de manguezais pode ser uma alternativa mais custo-efetiva na contenção da elevação do nível do mar do que, por exemplo, a construção de quebra-mares. A biotecnologia é outro aliado importante, por meio da geração de biodiesel e captura de CO₂ com o cultivo de microalgas. Essas abordagens podem constituir uma excelente e original contribuição brasileira à Década da Ciência Oceânica.

Por fim, vale lembrar que vários países têm aumentado significativamente a produção de energia de fontes renováveis no mar. Contudo, no Brasil, apesar do aumento recente, a geração de energia eólica e solar está ainda totalmente localizada no continente. Por outro lado, o incentivo ao transporte marítimo de baixa emissão de carbono, preconizado enfaticamente pela Organização Marítima Internacional (IMO) e em vias de regulamentação, deverá ser objeto de atenção pelos órgãos comprometidos com o desenvolvimento do transporte marítimo no Brasil.

Economia do mar

As atividades econômicas relacionadas ao mar – o chamado “PIB do Mar” – representam cerca de 19% do PIB brasileiro. Essas atividades são responsáveis pelo emprego de cerca de 19 milhões de pessoas e geraram, em 2015, uma receita aproximada de R\$ 500 bilhões (CARVALHO, 2018). A título de comparação, o turismo emprega cerca de 540 mil pessoas, movimentando R\$ 60,305 bilhões anualmente. As principais atividades que contribuem para o PIB do Mar no Brasil são a indústria do petróleo, o transporte marítimo, a pesca, os cabos submarinos de comunicação, o lazer e o turismo.

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), os setores consolidados da economia do mar incluem captura e processamento de pescado, transporte aquaviário, portos, construção e reparação naval, exploração *off-shore* de óleo e gás em águas rasas, dragagem, turismo marítimo e costeiro, educação, pesquisa e desenvolvimento, entre outros. Já entre os segmentos emergentes destacam-se aquicultura, exploração de óleo em águas profundas, energia eólica *off-shore* e outras fontes de energia renováveis, mineração do leito marinho, defesa e segurança do mar, biotecnologia marinha e produtos e serviços marítimos de alta tecnologia. As atividades econômicas no mar se destacam como uma nova fronteira de desenvolvimento econômico e social e, como mencionamos anteriormente, têm sido fortemente influenciadas pela necessidade de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, de forma a contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

Diferentes tecnologias de baixo carbono têm sido incorporadas na produção de petróleo no mar, além do investimento em novos negócios com fontes renováveis (energia eólica *off-shore*, ondas, marés, correntes, gradiente térmico e gradiente de salinidade). Novas tecnologias sustentáveis de maior eficiência energética também têm sido aplicadas no transporte marítimo, na pesca e aquicultura. No caso da aquicultura em mar aberto, para a qual se prevê forte expansão nesta década, as tecnologias digitais possibilitarão maior autonomia de operação, com menor interferência direta e consequente redução das atividades de apoio marítimo.

Um dos grandes desafios atuais da economia do mar é mapear e caracterizar a composição geológica do fundo do mar por meio dos recentes avanços em aquisição, processamento, análise e disseminação de dados. Inovações tecnológicas baseadas em *big data* e inteligência artificial, incluindo a intensificação no uso de sensores remotos, serão utilizadas massivamente e em larga escala no mapeamento e identificação de materiais no fundo no oceano. O esforço mundial de aplicação de tecnologia de ponta para o mapeamento e a caracterização dos fundos marinhos é essencial para fomentar a gestão adequada e sustentável da exploração de recursos minerais e energéticos, reduzindo os impactos e riscos associados, e ainda incertos, de seus usos potenciais. Se investir em desenvolvimento tecnológico de ponta, o Brasil pode figurar entre os principais atores e detentores tecnológicos com interesse em recursos marinhos cuja exploração ainda é temerária pela ausência de dados científicos robustos.

Outra atividade promissora e que tende a se expandir nos próximos anos é a biotecnologia marinha. Com um potencial enorme de aplicação prática em saúde, agricultura, novos materiais e outros setores da economia, a expansão do conhecimento científico acerca do potencial biotecnológico dos organismos marinhos é tema de uma corrida mundial com investimentos de grande porte e dividendos de igual relevância econômica. O Brasil criou sua Rede Nacional de Biotecnologia Marinha como estratégia para produzir conhecimento científico e posicionar o país no limitado rol de nações capazes desta expansão biotecnológica no mar (SILVA; TUNDISI, 2018). No entanto, investimentos substanciais ainda são necessários para fortalecer este setor no Brasil, tornando-o competitivo em um mercado mundial em franca expansão.

Por fim, as tecnologias de prospecção de óleo do pré e pós-sal mostraram a capacidade da indústria nacional, quando bem gerenciada e induzida para o alcance de metas, em avançar no desenvolvimento de técnicas, instrumentos e procedimentos de identificação de reservatórios, extração e produção de recursos não renováveis. Outras minerações, como as de fosfato e de nódulos metálicos, tendem a crescer no mundo com o aumento da demanda por esses materiais. Assim, incentivar a formação tecnológica nessa área, bem como a capacitação dos órgãos governamentais em gerir e monitorar tais atividades para que ocorram de forma sustentável, traz novos desafios, sobretudo na formação de pessoal técnico especializado.



Gerenciamento e produtividade de alimentos de origem marinha

A extração de recursos pesqueiros no mundo está praticamente estabilizada e será incapaz de atender à crescente demanda de uma população humana em expansão. Embora a aquicultura seja uma solução óbvia (FAO, 2015), ainda há desafios em relação aos problemas ambientais associados à produção de espécies que necessitam forrageio, como peixes e crustáceos, que correspondem a 75% da produção aquícola atual.

Nesse contexto, o *Ocean Panel* (2019) sugere a substituição do cultivo de espécies forrageiras pela cultura de espécies não forrageiras, como ostras, algas e mexilhões. Porém, no Brasil, a produção aquícola marinha é quase em sua totalidade (>99%) dependente de espécies forrageiras e devem obedecer critérios de produção que visem a manutenção sustentável da atividade como o não desmatamento de áreas de mangue e tratamento de efluentes ricos em nutrientes, potenciais causadores da eutrofização, proliferação de algas tóxicas, que consomem o oxigênio das águas estuarinas e costeiras.

É importante reconhecer que a pesca continuará sendo importante fonte de alimento para os brasileiros, bem como fonte de emprego e renda para a sociedade, em especial nas comunidades tradicionais. Portanto, é crucial que essa atividade adote novos métodos de gerenciamento para reduzir seus impactos sobre os ecossistemas. A pesca moderna e sustentável não pode ser apenas uma atividade extrativista, que impõe pressão na biodiversidade e nos recursos vivos do mar. Para continuar e preservar o ambiente, são necessários modelos de gestão de múltiplas espécies, com dimensão espacial adequada e com utilização de equipamentos mais seletivos e menos destrutores. A pesquisa científica tem mostrado a viabilidade dessas alternativas e precisa ser incentivada, divulgada e repassada à população que se utiliza desses recursos para seu sustento inclusive quanto à informação sobre mudanças climáticas que modificam a disponibilidade de recursos pesqueiros alterando a pesca que precisa ser suportada por novas tecnologias e artes de pesca.

Ainda neste tema, o *Ocean Panel* sugere fortemente o aumento da proteção de ambientes relevantes para a produção pesqueira – por meio da criação de áreas marinhas protegidas –, a diminuição de vetores de eutrofização e a reposição de estoques, particularmente na interface continente-oceano.

Como mencionamos, a produção pesqueira marinha no Brasil ocorre principalmente em áreas costeiras e na plataforma continental. Ao contrário da maioria dos países litorâneos, no entanto, no Brasil, o nível de proteção ambiental de áreas costeiras foi seriamente reduzido pelo novo Código Florestal, que já resulta em um aumento expressivo de uso dessas áreas para produção aquícola. Tentativas de suspensão de leis de proteção de manguezais, lagoas costeiras e dunas tendem a agravar este quadro.

Outro desafio é o esgotamento sanitário com tratamento insuficiente, acrescido da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e dos efluentes industriais. Esses fatores contribuem significativamente para a eutrofização de áreas costeiras, principais berçários de espécies de importância econômica, e provocam a contaminação do pescado. Uma consequência dessa contaminação é que o Brasil está impedido de exportar produtos da pesca ao mercado europeu desde 2018 (EU, 2017).

Por fim, ressaltamos com preocupação a quase anulação dos inventários e estatísticas pesqueiras e da fiscalização embarcada, assim como da prospecção de novos estoques, devido à diminuição da capacidade técnica dos órgãos envolvidos, particularmente no Ministério do Meio Ambiente e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Oceano limpo

Uma das metas mais ambiciosas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 14 (Vida Abaixo d'Água) é prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha, uma questão crítica para a saúde dos oceanos. A descarga de esgotos e fertilizantes ainda representa grande ameaça à vida marinha, não somente pelos processos de eutrofização, mas também pela crescente desoxigenação nos oceanos. O oxigênio é fundamental para muitos processos biogeoquímicos e seu declínio pode causar mudanças importantes na produtividade e na biodiversidade do oceano (SCIENCE20, 2019).

Além dos problemas ambientais mais conhecidos, como os decorrentes da produção de petróleo e seus derivados, metais e diversos poluentes orgânicos persistentes, observamos a introdução de novas substâncias no oceano, os chamados “poluentes emergentes”, cujo destino e efeitos para a vida marinha ainda estão em fase de estudo. Entre essas substâncias estão os produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, que atuam como disruptores endócrinos e alteram as funções normais dos hormônios, resultando em efeitos sobre a reprodução de organismos marinhos. A pressão e os impactos desses contaminantes deverão ser potencializados pelo aquecimento global, particularmente pelo aumento da mobilidade e reatividade dessas substâncias em um oceano mais ácido, com menos oxigênio e mais aquecido.

O lixo marinho também é um problema global que se agrava com o crescimento populacional e econômico. O plástico representa a maior parte (>80%) do lixo marinho e os microplásticos de origem primária (cosméticos e indústria) e secundária (fragmentação do plástico) estão presentes em todos os compartimentos tróficos, do fitoplâncton ao homem. Além dos danos causados à biodiversidade, como injúrias e ingestão seguida por desnutrição, obstrução do trato digestivo e/ou alterações hormonais, a poluição das praias por plásticos tem consequências negativas para a economia do turismo. Por fim, a ciência ainda precisa compreender melhor como a poluição com micro e nanoplásticos impacta os processos biogeoquímicos no oceano. A transformação do conhecimento científico em soluções é outro grande desafio a enfrentar para resolver esse problema global e sem fronteiras (IAP, 2021).

Redução da perda de biodiversidade

A legislação brasileira sobre a conservação ambiental, a criação e a gestão de unidades de conservação marinhas e o uso de recursos naturais não leva em consideração as mudanças do clima e a abordagem ecossistêmica pautadas pelo entendimento dos processos oceanográficos. Alguns ecossistemas marinhos, como manguezais, marismas e recifes de coral, são particularmente afetados por essa deficiência.

Há um consenso generalizado de que a acelerada perda de biodiversidade nos oceanos – particularmente em plataformas continentais, que respondem por quase 90% da produção pesqueira e da biodiversidade marinha – requer medidas urgentes. No Brasil, até 2007, apenas 0,39% da região litorânea e costeira e 0,11% da região oceânica eram protegidos.



O Atol das Rocas foi a primeira Unidade de Conservação Marinha do país, criada em 1979. Embora em 2018 as áreas marinhas protegidas tenham aumentado de 1,5% para 25%, apenas 3,41% são protegidas integralmente, o que é fundamental para manter a plenitude dos ecossistemas, preservar sua biodiversidade e garantir proteção a organismos sob ameaça. Assim, mesmo formalmente superando a Meta 11 de Aichi (decorrente da 10ª Conferência das Partes na Convenção da Diversidade Biológica), o Brasil não alcançou a meta nacional de conservar pelo menos 10% da sua zona marinha até 2020, por meio de áreas de proteção integral e/ou zonas de exclusão de pesca.

A delimitação de áreas protegidas deve seguir os princípios ecológicos do planejamento da conservação e não aspectos oportunistas e políticos. Recentes alterações na legislação diminuem sensivelmente a proteção de ecossistemas costeiros particularmente afetados pela aquicultura, removendo a obrigatoriedade de recuperação dos manguezais, por exemplo. Outra dificuldade é que programas de pesquisa e monitoramento desses ecossistemas em nível institucional nacional, nos moldes do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, tiveram duração limitada e foram desarticulados. Cabe à comunidade científica, por meio de atividades clássicas de pesquisa (por exemplo, a Rede Brasileira de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros e os Programas Ecológicos de Longa Duração) manter esse esforço, que hoje sofre, de forma crítica, pela ausência de financiamento adequado e segurança institucional de longo prazo.

A conservação da biodiversidade marinha depende da apropriação sustentável de recursos e serviços ecossistêmicos. Para isso, é necessária a restauração de ambientes naturais, bem como o aumento e a geração de emprego e renda por meio de diferentes atividades sustentáveis. Neste aspecto, o Brasil tem avançado significativamente em políticas estruturantes, como os inventários e planos de disposição e resíduos sólidos, o gerenciamento voltado para (e executado por) comunidades locais, a prospecção de recursos aquícolas não forrageiros e o incentivo à participação da energia eólica no mar. A ciência desenvolvida nacionalmente pode dar suporte a essas ações, contribuindo significativamente com os esforços da Década da Ciência Oceânica, mesmo em face às recentes ameaças e alterações na legislação ambiental vigente.

Sistema observacional

A observação dos oceanos deve ser realizada de forma integrada, continuada e sustentável. Tudo isso depende de uma sólida infraestrutura embarcada e remota e, principalmente, de uma cadeia funcional de desenvolvimento tecnológico e manutenção de equipamentos. Infelizmente, o Brasil ainda não atende satisfatoriamente a essas pré-condições, o que ameaça a sustentabilidade dos programas de observação oceânica, como a participação brasileira em programas globais como PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic*) e SAMOC-SAMBA (*South Atlantic Meridional Overturning Circulation - Basin-wide Array*).

O desenvolvimento tecnológico nacional de equipamentos, sondas, boias e amostradores deverá avançar para que o Brasil tenha mais autonomia no monitoramento do oceano. A expertise brasileira no setor de óleo e gás poderá alavancar essa ação estruturante, pois essa indústria é a grande utilizadora desses equipamentos e pode induzir maior demanda para o seu desenvolvimento interno. Entretanto, é necessário investigar que mecanismos poderão incentivar a aliança estratégica da comunidade científica oceânica com empresas brasileiras, para que sejam mais proativas e colaborativas com esta área tecnológica, apesar dos riscos financeiros.

A observação dos oceanos envolve a coleta de dados sistemáticos de variáveis consideradas essenciais para o gerenciamento adequado dos ambientes marinhos, incluindo dados físicos, biogeoquímicos, ecossistêmicos e biológicos que precisam ser monitorados em escalas de tempo e espaço adequadas.

Os dados gerados por um sistema integrado de observação dos oceanos requerem sistemas de gerenciamento funcionais e adequados, essenciais para a observação oceânica sustentável. O gerenciamento de dados deve disponibilizar informações encontráveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (TANHUA et al., 2019).

Episódios recentes como o do derramamento de óleo no nordeste brasileiro e o aumento na incidência de desastres naturais a partir de fenômenos marinhos, por vezes ligados às mudanças climáticas, apontam para a necessidade de uma visão regionalizada, assim como de centros de observação no Atlântico Sul. Programas como o FEC (*Future Earth Coasts*), que visam estudar sustentabilidade e adaptações da zona costeira diante das mudanças globais, precisam ser apoiados financeiramente para ampliar a participação de cientistas e estudantes ao longo da costa brasileira.

Cultura oceânica

A cultura oceânica promove o entendimento do papel do oceano em nossa vida e o impacto de nossas ações no oceano. Ao promover essa discussão entre indivíduos e instituições, a cultura oceânica é o conceito fundamental para trabalhar o engajamento da sociedade na ciência oceânica, sensibilizando cidadãos sobre a importância do oceano e sua sustentabilidade, além do investimento em pesquisas nessa área.

Não estamos falando apenas em disponibilizar ao público resultados de pesquisas, mas de envolver a sociedade na própria construção do conhecimento. Os resultados esperados para a Década do Oceano demandam construir saberes de forma multidisciplinar e colaborativa, em todas as etapas do processo científico.

Para promover a cultura oceânica, é necessário que o conhecimento da ciência oceânica seja disseminado em formato e linguagem específicos para diferentes setores da sociedade. Enquanto os artigos científicos se mantêm como o melhor instrumento para a discussão entre pesquisadores, a formação de recursos humanos na graduação e pós-graduação demanda textos que compilem o conhecimento sobre a ciência oceânica brasileira dentro do cenário internacional.

O mesmo conteúdo deve ser trabalhado de forma adequada para a discussão com professores e alunos de ensino médio e fundamental, de forma coerente ao conteúdo da Base Nacional Comum Curricular. Para além do sistema de educação, o impacto da ciência oceânica brasileira necessita ser sumarizado para tomadores de decisões, de modo a fortalecer a interface ciência-política pública. Outros instrumentos e ações devem ser direcionados à sociedade civil e ao setor empresarial.

Na prática, a incorporação, nas empresas, de tecnologias e processos que tenham menor impacto no oceano e diminuam as fontes de poluição, mitiguem os impactos das mudanças climáticas, expandam a economia do mar e reduzam a perda da biodiversidade dependem da incorporação da cultura oceânica no setor empresarial. Para que isso ocorra, será necessária uma forte comunicação científica para essa audiência, além da incorporação do empreendedorismo na ciência oceânica.

Para chegar a um cenário em que todos os setores da sociedade entendam o papel do oceano em sua vida e o impacto de suas ações sobre o oceano, é urgente implantar novas abordagens de ciência e políticas públicas interdisciplinares e transversais. A ciência e a cultura oceânicas podem integrar gerações, conhecimentos e visões de diferentes setores da sociedade em prol do desenvolvimento sustentável, como ferramentas essenciais para uma mudança social concreta. Nessa missão, educadores e comunicadores serão parceiros imprescindíveis dos cientistas na divulgação da ciência oceânica.

Cooperação internacional

Para maximizar sua influência, aumentar seu orçamento (por exemplo, para atividades científicas e acesso a ativos marítimos) e melhorar sua posição global em ciências marinhas, o Brasil deve considerar a formação de um consórcio de países sul-americanos com extensão costeira substancial e acesso ao mar profundo e à Antártica. Eventualmente, tal consórcio também poderia alcançar países da África que compartilham as mesmas prioridades científicas e que fazem fronteira com o Atlântico equatorial e do sul.

Um passo importante nesse sentido foi o acordo entre Brasil e África do Sul em 2017, que culminou com o Acordo de Belém, firmado entre Brasil, África do Sul e a Comunidade Europeia. Esses acordos tiveram como resultado a formação de um consórcio entre países do entorno do Oceano Atlântico com o objetivo de incrementar pesquisa e inovação em ciências marinhas na região (POLEJACK; GRUBER; WISZ, 2021).

A criação de um programa de pesquisa mais abrangente em mar profundo, incluindo o Programa Internacional de Descoberta Oceânica (IODP) e o Consórcio Europeu para Pesquisa de Perfuração Oceânica (ECORD), poderia coordenar os esforços nacionais nessa área temática, promovendo o preenchimento de nossas lacunas de conhecimento com apoio da cooperação internacional, a exemplo de outros projetos de sucesso já em desenvolvimento por um período maior, como o PIRATA e o SAMOC. Essa conjugação de esforços pode ter reflexo direto na execução de ações estratégicas nacionais, sobretudo no escopo da infraestrutura disponível no Brasil, conforme preconizado pela Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 e seu Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Oceanos.

Governança

Embora instrumentos de gestão ecossistêmica e de gerenciamento integrado estejam disponíveis nos estados e regiões brasileiros, a ausência de uma coordenação institucional nacional torna seu alcance restrito. Por isso, nas últimas décadas, vem sendo discutida a necessidade de implantação de um instituto nacional voltado às questões marinhas. Um amplo estudo de viabilidade organizado pelo MCTI estabeleceu as áreas prioritárias para a ação articulada da comunidade científica, sob a coordenação de um instituto nacional, visando subsidiar as políticas públicas e a cooperação internacional associadas aos oceanos.



A viabilização desse instituto em nível tático-operacional é parte do programa Ciência no Mar do MCTI e sua qualificação como Organização Social (OS) está em fase de publicação. Porém, também esta conquista está ameaçada pela progressiva redução nos investimentos em ciência e tecnologia no Brasil. Garantir a criação de tal instituto e o aporte dos recursos financeiros e de pessoal adequados ao seu pleno funcionamento são fatores críticos para a superação deste desafio nacional.

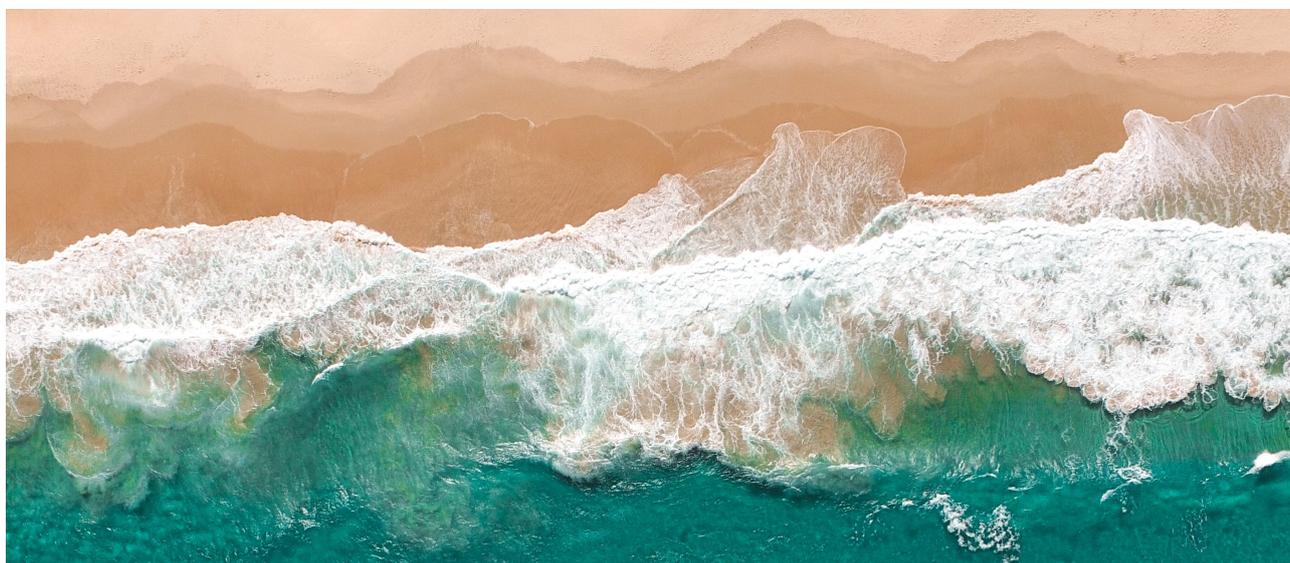
O fomento a ciência, tecnologia e inovação em ciência oceânica no país ainda é predominantemente público, embora projetos de pesquisa e desenvolvimento venham sendo executados em parceria com a iniciativa privada. Novos arranjos de financiamento devem ser desenhados e implementados para a sustentabilidade financeira e o incentivo de projetos de impacto nacional no longo prazo.

Em especial, deve-se buscar combater a volatilidade e o frequente contingenciamento dos recursos que comprometem, dentre outras frentes, as ações de monitoramento de longa duração (oceanografia operacional), as ações relacionadas às mudanças climáticas e as ações de conservação e uso sustentável do mar no Brasil. Para avançarmos na ciência oceânica, é fundamental que novos arranjos de governança institucionais, legais e financeiros sejam implementados.

A ONU aponta investimentos insuficientes em educação de qualidade, serviços de saúde, proteção social, programas para grupos marginalizados, mitigação e adaptação às mudanças do clima como fatores que dificultam o atendimento aos objetivos da Agenda 2030 em economias frágeis (UN, 2020). Consequentemente, são fatores que dificultam o atendimento das metas da Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável. Planejar um investimento econômico suficiente é passo essencial para o sucesso das iniciativas previstas para os próximos dez anos.

Para promover a ciência oceânica transformadora e ampliar o papel do Brasil no cenário internacional, é essencial reconhecer nossos potenciais e desafios, além de trabalhar a governança como forma para se obter o máximo da ciência brasileira. Em um país com tamanho continental, é fundamental integrar ações locais e regionais a uma governança nacional, integrada internacionalmente nas escalas de Atlântico Sul, Tropical e global.

A lógica por trás disso é reconhecer as diferenças de biodiversidade, potencial de economia do mar, aspectos socioculturais e clima do norte ao sul do Brasil, integrando sob uma política nacional o melhor que cada ambiente, setor da sociedade, universidade e área do conhecimento pode oferecer. Isso inclui trabalhar temas ainda pouco explorados em nossa comunidade, como questões de gênero, desigualdades sociais e regionais e participação de comunidades tradicionais na discussão e execução da ciência oceânica brasileira.



Dez recomendações da ABC para a Década da Ciência Oceânica

Um dos papéis mais importantes da ABC é fornecer subsídios científicos para a formulação de políticas públicas. Abaixo, apresentamos, de forma sintética, nossas recomendações relativas às metas da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável:

1. Evitar, mitigar ou compensar impactos negativos sobre o ambiente marinho, por meio da adoção de ações cientificamente embasadas vocacionadas para o bem-estar da humanidade, a partir do aconselhamento e da avaliação especializados, e tendo como base a integridade dos sistemas socioecológicos, bem como o uso de seus recursos e serviços;
2. Planejar, implementar e dar escala a ações, inclusive na esfera legal, que reduzam a intensidade dos vetores antrópicos geradores de impacto ambiental negativo sobre os ecossistemas costeiro e marinho, com ênfase nas mudanças climáticas e na poluição marinha;
3. Ampliar e otimizar o compartilhamento e a sustentabilidade das infraestruturas essenciais para a pesquisa marinha, incluindo embarcações de pesquisa e instrumentação remota e autônoma de observação e de pesquisa, bem como a capacidade de formação de capital humano por meio da educação e do ensino;
4. Implementar, de forma sustentável, um sistema de observação integrado em distintas escalas espaciais e temporais, que incorporem o gerenciamento e o armazenamento de amostras e dados do Atlântico Sul e Tropical, assegurando, de forma justa, acessível e interoperacional, o acesso aberto a pesquisadores em nível global, assim como sua integração a outras bases de dados nacionais e internacionais;
5. Incentivar novas ações e ampliar as ações existentes de compartilhamento de atividades de pesquisa em redes de colaboração multinacionais, com ênfase no Oceano Atlântico Sul e Tropical, não subtraindo o interesse em outras regiões do oceano;
6. Criar linhas de incentivo fiscal para o desenvolvimento de tecnologia oceânica, de modo a reverter a redução de recursos para a ciência;
7. Promover a cultura oceânica e a participação ativa da sociedade no processo de formulação e implementação de políticas públicas, de forma a ampliar o reconhecimento da importância do oceano e suas vulnerabilidades;
8. Facilitar o diálogo com múltiplos atores relevantes acerca do planejamento espacial de uso e da conservação do ambiente costeiro e marinho, considerando a participação das populações costeiras tradicionais como populações mais sensíveis às mudanças do clima e do oceano;
9. Implementar um instituto nacional que coordene as atividades científicas relativas à pesquisa oceânica, promovendo a cooperação internacional e subsidiando as políticas públicas sobre o oceano, com vistas ao desenvolvimento científico e tecnológico do país;
10. Fomentar programas de formação em ciências oceânicas, englobando engenharias, ciências naturais, humanas e sociais, bem como prover capacitação a comunidades locais e técnicos do sistema de gestão oceânica. Ademais, estimular a coprodução de conhecimentos – sejam eles científicos, indígenas, tradicionais ou locais –, especialmente em grupos e regiões que apresentem vulnerabilidade social, econômica e ambiental.

Referências

CARVALHO, A.B.. **Economia do mar: conceito, valor e importância para o Brasil**. 2018. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, Escola de Negócios, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

EUROPEAN UNION (EU). **Final Report of an Audit Carried out in Brazil from 11 September 2017 to 22 September 2017**. European Commission Directorate-General for Health and Food Safety, 2017. Disponível em: <https://ec.europa.eu/food/audits-analysis/act_getPDF.cfm?PDF_ID=9793>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food and Agriculture: Social protection and agriculture: breaking the cycle of rural poverty**. Rome: FAO, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i4910e/i4910e.pdf>>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

INTERACADEMY PANEL (IAP). **IAP Statement on Ocean Acidification**. Trieste, 2009. Disponível em: <https://www.interacademies.org/statement/iap-statement-ocean-acidification>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

----- **IAP Statement on Protection of Marine Environment**. Trieste, 2021.

INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION (IOC-UNESCO). **The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development, 2021-2030**. Paris, 2020. Disponível em: <https://oceanexpert.org/document/27347>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

IOANNIDIS, J.P.A.; BOYACK, K.W.; BAAS, J.. Updated science-wide author databases of standardized citation indicators. **Plos Biology**, [S.L.], v. 18, n. 10, e3000918, 16 out. 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.3000918>.

OCEAN PANEL. **High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy, 2019**. Disponível em: <<https://www.oceanpanel.org>>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

POLEJACK, A.; GRUBER, S.; WISZ, M.S. Atlantic Ocean science diplomacy in action: the pole-to-pole all Atlantic Ocean research alliance. **Humanities and Social Sciences Communications**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-11, 26 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1057/s41599-021-00729-6>.

SCIENCE20. **Threats to Coastal and Marine Ecosystems and Conservation of the Ocean Environment – with Special Attention to Climate Change and Marine Plastic Waste**. Tokyo, 2019. Disponível em: <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-s20jp2019-1.pdf>. Último acesso em: 26 mai. 2021.

SILVA, J.L.; TUNDISI, J.G. (coords). **Projeto de Ciência para o Brasil**. Rio de Janeiro: ABC, 2018. Disponível em: <http://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2018/05/Projeto-de-Ciencia-para-o-Brasil.pdf>. Último acesso em: 3 fev. 2021.

TANHUA, T. et al. Ocean FAIR Data Services. **Frontiers in Marine Science**, [S.L.], v. 6, 7 ago. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fmars.2019.00440>.

UNITED NATIONS (UN). **World Economic Situation and Prospects**. New York: United Nations, 2020. 236 p. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.



Rua Anfilóbio de Carvalho, nº29 - 3ºandar
Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel.: +55 21 3907 . 8100

abc@abc.org.br | www.abc.org.br



#ABCIências | #TodosPelaCiência